

乳化炸药地面站制乳的安全管理问题及对策研究

葛陈玉 伊 闯 杜慧文

宏大爆破工程集团有限责任公司 广东 广州 511300

摘要: 乳化炸药地面站制乳模式因“集中制乳、分区管控、减少移动作业风险”，在大规模矿山开采、大型基建爆破等领域广泛应用。其作业涉及易燃易爆物料存储、集中制备及短途转运装药，安全管理是保障作业全流程的关键。本文以该制乳模式为研究对象，先阐述其基本原理与工艺流程，接着从地面站设备、操作管控、物料存储转运、应急处置及法规执行层面剖析安全问题。从技术、管理等多维度提出设备升级、流程规范等对策。研究旨在完善地面站制乳安全管理体系，降低全流程作业风险，为企业生产提供参考，推动民爆行业安全管理提升。

关键词: 乳化炸药；地面站制乳；安全管理；对策

引言：民爆行业安全关乎人员生命与财产安全，乳化炸药地面站制乳是民爆领域规模化、集约化生产的技术成果。与传统预制品炸药及车载制乳模式不同，它通过固定地面站完成炸药原料的集中乳化、敏化，再将半成品或成品炸药短途转运至作业点完成装药，既保留了降低成品炸药长距离运输风险的优势，又能适配大规模爆破作业的产能需求。但地面站制乳涉及危险物料集中存储、多工序连续作业，且作业环境相对固定但工况复杂，安全管理稍有疏漏，就易引发爆炸、火灾等恶性事故。当前部分企业地面站制乳安全管理存在短板，制约其安全与产能优势发挥。故本文研究其安全管理问题并提出对策，对保障作业安全、促进行业规模化发展意义重大。

1 乳化炸药地面站制乳的基本原理与工艺流程

1.1 乳化炸药的组成与性能特点

乳化炸药主要由氧化剂水溶液、可燃剂、乳化剂、敏化剂及稳定剂组成，各成分按特定比例混合形成油包水型乳胶体。氧化剂多采用硝酸铵、硝酸钠等，为爆炸提供氧元素；可燃剂常用柴油、石蜡等，与氧化剂反应释放能量；乳化剂通过降低油水界面张力，使体系形成稳定乳状液；敏化剂则提升炸药敏感度，确保其可靠起爆。乳化炸药具有独特性能优势，抗水性能优异，可在潮湿或水下环境稳定爆炸，适应矿山、隧道等多场景作业；爆轰性能稳定，爆炸威力可控，能匹配不同爆破需求；机械感度低，运输与作业过程中受冲击、摩擦时不易引发爆炸，本质安全性较传统炸药更优。这些特性使其适配地面站集中制乳的规模化生产需求，但成分的易燃易爆属性仍决定了地面站存储、制备全流程需严格管控。

1.2 地面站制乳的工作原理

乳化炸药地面站制乳的核心工作原理是在固定地面站设施内，将炸药原料按工艺要求完成乳化、敏化等核心工序，生成合格乳化炸药半成品或成品，再通过专用转运设备输送至作业现场完成装药，实现“原料集中存储—地面制备—短途转运—现场装药”的全流程管控。作业前，地面站将氧化剂水溶液、柴油、乳化剂等原料分别存入站内专用固定储罐，各储罐配备独立的输送管路、计量装置及安全防护设施。作业时，控制系统按预设配方，通过高精度计量泵将各原料精准输送至地面固定式乳化机，乳化机通过高速剪切搅拌使原料形成稳定乳胶体；乳胶体随后进入站内敏化系统，与敏化剂混合完成敏化反应，生成具备爆炸性能的乳化炸药；根据作业需求，成品炸药可暂存于站内专用成品储罐（严格控制存储量），或直接通过转运泵、专用转运车输送至现场炮孔，完成整个作业流程^[1]。

1.3 关键设备与安全控制点

乳化炸药地面站制乳的关键设备包括原料存储系统、输送计量系统、乳化敏化系统、成品存储系统、转运系统及中央控制系统，各系统的稳定协同运行是安全作业的基础。原料存储系统采用固定立式储罐，需具备耐腐蚀、防泄漏、超压泄放功能，各储罐间设置防火墙、防护栏等隔离设施，配备液位、温度、压力实时监测装置；输送计量系统采用专用防爆管路与高精度计量泵，确保原料配比精度，管路设置防静电接地、紧急切断阀及泄漏检测装置；乳化敏化系统为地面固定式设备，配备大功率乳化机、专用敏化器，配套温度、压力、搅拌转速实时监测与联锁保护装置；成品存储系统采用小型固定储罐，严格控制存储容量，配备防爆通风、降温设施；转运系统包括固定输送管路、防爆转运泵及专用转运车，转运车需符合危险品运输标准；中

央控制系统作为核心中枢，实现对各环节参数的实时监控、自动调控及异常工况的应急连锁。安全控制点主要涵盖原料配比精度、乳化敏化温度（一般控制在40-60℃）、设备运行压力、静电防护（接地电阻需 $\leq 4\Omega$ ）、原料及成品存储量（成品存储量不超过企业核定产能的20%）、作业区域火源管控及转运环节的防撞防泄漏管控，这些控制点直接决定全流程作业安全，需全程严格把控。

2 乳化炸药地面站制乳的安全管理问题分析

2.1 设备安全隐患

设备与设施安全隐患是地面站制乳作业的主要风险源之一，具体表现为多方面。部分企业地面站设备老化严重，原料存储罐壁厚腐蚀超标、焊缝开裂，输送管路因长期使用出现老化渗漏，乳化机搅拌叶片磨损导致乳化效果下降，易引发原料泄漏、半成品性能不稳定等风险；部分新建设备未严格按照标准选型，如计量泵精度不达标、乳化机剪切强度不足、控制系统响应滞后，无法满足规模化生产的安全管控需求。设备维护保养环节存在严重疏漏，未建立常态化的设备全生命周期维护机制，乳化敏化系统的温度、压力传感器未定期校准，数据失真现象突出；设备防静电装置、紧急切断阀、超压泄放装置因维护不当失效，无法在突发情况下实现连锁保护。

2.2 操作管理问题

操作管理不规范是引发地面站制乳安全事故的重要原因。作业人员资质管理混乱，部分企业未严格执行“持证上岗”制度，招聘无资质人员参与原料输送、乳化操作等关键岗位作业，此类人员对地面站设备操作流程、安全管控要求不熟悉，易因误操作引发风险；即使是持证人员，也存在操作技能不足问题，对原料配比调整、乳化温度控制、异常工况处置等关键环节掌握不精准。作业流程管控流于形式，未按规定对设备进行开机前的全面检查就启动作业，乳化敏化温度出现波动时未及时停机排查，强行继续生产；成品转运环节未严格执行交接验收制度，转运量、转运路线未按规定记录。现场监督机制缺失，作业过程中无专职安全员对各区域作业进行全程监护，对“违章操作”“冒险作业”等行为未能及时制止；同时，作业记录不完整，设备运行参数、原料消耗、成品产出及转运数据未如实详细记录，导致事故发生后无法追溯原因。^[2]

2.3 物料存储与转运管理风险

物料管理涉及原料采购、存储、输送及成品转运全流程，各环节均存在安全风险。原料采购环节，部分企

业为追求低价，从非正规渠道采购质量不合格的氧化剂、乳化剂等原料，如硝酸铵纯度不达标、乳化剂稳定性差，直接影响炸药性能，增加制备过程中的安全风险；原料入库未进行严格检验，仅凭供应商提供的合格证明就准予入库存储。存储环节，原料存储超量现象突出，部分企业擅自扩大原料储罐存储量，超出核定安全容量；不同类型原料混存、混放，未按标准分区隔离；原料存储环境未达标，高温季节未采取有效降温措施，导致硝酸铵等原料易吸潮、结块，影响后续制备；存储区安全设施不完善，未定期检查泄漏检测装置，原料泄漏后无法及时发现。转运环节，转运车未按规定定期检测维护，存在制动失灵、罐体泄漏等隐患；转运路线未合理规划，途经人员密集区域或未设置警示标识；转运过程中未安排专人押运，出现异常情况无法及时处置；成品交接验收不严格，转运量与实际装药量大数不符，存在物料流失风险。

2.4 应急管理缺陷

应急管理体系不完善，导致地面站制乳作业突发事故时无法有效处置。应急预案存在明显短板，部分企业的预案照搬模板，未结合地面站集中存储、多工序连续作业的特点制定针对性内容，对原料泄漏、设备爆炸、火灾等典型事故的处置流程、责任分工、救援路线不明确；预案未定期修订，与地面站设备更新、产能调整、作业环境变化脱节。应急物资储备不足且管理不善，部分地面站未按标准配备足够的干粉灭火器、泡沫灭火装置、防爆工具、应急防护用品（防护服、防毒面具）等物资，部分应急物资过期失效却未及时更新；应急物资存放位置分散，未按区域合理布设，突发事故时无法快速取用^[3]。

3 乳化炸药地面站制乳安全管理对策研究

3.1 技术层面对策

从技术层面强化安全管控，是提升地面站制乳作业安全的核心手段。设备升级与改造方面，企业应淘汰老旧超期设备，按标准采购具备安全保障功能的新设备，优先选择配备智能监测与连锁保护系统的地面站成套设备，提升设备本质安全水平；对现有设备进行技术改造，在原料及成品储罐加装高精度泄漏检测传感器、超压泄放连锁装置，在乳化敏化系统增设温度、压力、转速三重连锁保护（参数超标时自动停机、切断原料供应），在输送管路全段设置紧急切断阀。建立设备全生命周期管理体系，制定详细的维护保养计划，明确日常巡检、定期保养、年度大修的内容与周期，安排专业技术人员负责设备维护，做好维护记录归档；定期对设备

进行全面检测校验,重点核查计量装置、监测传感器、联锁保护装置等关键部件,确保设备性能稳定。

3.2 管理层面对策

强化管理体系建设,筑牢地面站制乳安全管理基础。人员管理严格执行“持证上岗”制度,招聘具备相应资质的作业人员,建立人员资质档案与动态管理机制;构建分层分类培训体系,针对操作岗、巡检岗、管理岗开展差异化培训,操作岗重点培训设备操作规范、异常工况处置技能,巡检岗重点培训设备故障识别、安全隐患排查方法,管理岗重点培训法规标准、风险管控体系建设知识,培训后进行严格考核,考核不合格者不得上岗;建立人员绩效考核机制,将安全操作、隐患排查、规范记录等情况与绩效挂钩,激励人员规范作业。及时制止违章操作行为;完善作业记录与追溯制度,详细记录设备运行参数、原料消耗、成品产出及转运交接数据,确保全流程可追溯。

3.3 物料与环境管理对策

加强物料与环境管理,消除各环节安全风险。建立严格的原料采购与验收制度,选择具备相应资质的正规供应商并签订安全协议,原料入库前按标准进行抽样检验(如硝酸铵纯度、含水率,乳化剂稳定性等),检验合格后方可入库;规范原料存储管理,严格按核定容量存储,不同类型原料分区隔离存放,设置清晰标识,定期检查储罐密封性与存储环境,高温季节采取通风、降温措施,雨天及时排查排水系统,防止积水浸泡储罐。优化成品转运管理,选用符合危险品运输标准的专用转运车,定期对转运车进行检测维护,配备必要的安全防护设施;合理规划转运路线,避开人员密集区域,设置明显警示标识,转运过程中安排专人押运;建立物料领用与消耗台账,规范成品交接验收流程,详细记录转运量、装药量及剩余量,剩余成品按规定回库存储,严禁现场随意存放。环境管理方面,按标准划分地面站功能分区,完善防火堤、防护栏、防爆排水沟等基础设施;定期清理作业区域内的易燃易爆杂物,保持通道畅通;优化作业区域通风、降温、防雷设施,确保符合安全标准;作业结束后及时清理现场,消除物料残留带来的风险。

3.4 应急管理体系构建

构建完善的应急管理体系,提升突发事件处置能

力。优化应急预案,结合地面站制乳集中存储、多工序作业的特点,针对原料储罐泄漏、乳化系统爆炸、火灾、转运车泄漏等典型事故,制定详细的处置流程、责任分工、救援路线与疏散方案,明确应急响应启动条件与终止标准;定期根据设备更新、产能调整、作业环境变化修订预案,组织专业人员对预案的实用性、针对性进行评审。强化应急物资保障,按标准配备足量的干粉灭火器、泡沫灭火装置、防爆工具、应急防护服、防毒面具、洗消用品等物资,建立应急物资台账,明确管理责任人,定期检查物资状态,及时更换过期失效物资;按地面站功能分区合理布设应急物资存放点,设置清晰标识,确保突发事故时可快速取用。开展常态化应急演练,制定年度演练计划,至少每半年开展一次综合应急演练,演练场景涵盖简单与复杂突发情况(如单一管路泄漏、多区域联动处置的储罐泄漏爆炸等);演练后组织全面的总结评估,分析存在的问题并制定针对性改进措施,通过演练提升各岗位人员的应急处置技能与协同配合能力。

结束语

乳化炸药地面站制乳安全管理是涵盖存储、制备、转运、装药全流程的系统工程,涉及多环节、多设备、多人员协同,任一环节疏漏都可能引发严重事故。本文分析其原理流程,剖析设备设施、操作管控、物料转运等方面安全管理问题,从技术、管理、物料环境、应急、政策监管多维度提出对策。保障作业安全,需要企业落实主体责任,完善安全管理体系,强化技术升级与人员培训;监管部门需加强常态化监管,完善政策标准,加大违规惩戒力度;作业人员要提升安全意识与操作技能,严格执行作业规范。未来,随着智能化、数字化技术在民爆领域的深度应用,地面站制乳安全管理将实现全流程精准化、可视化管控,为民爆行业安全健康、规模化发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]张春燕.乳化炸药工艺设备危险因素及预防[J].煤矿爆破,2022,40(02):35-38.
- [2]方世瑞.水相中水含量及pH对乳化炸药性能的影响[J].化工设计通讯,2022,48(04):104-106.
- [3]张英杰.马平.乳化炸药现场混装技术在地下矿山的应用实践[J].矿冶,2020,29(04):19-22.